



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 09 047 C 1

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 05 D 1/02
B 60 K 31/00

②1 Aktenzeichen: P 42 09 047.4-32
②2 Anmeldetag: 20. 3. 92
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 26. 8. 93

DE 42 09 047 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:

Nöcker, Gerhard, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE;
Geduld, Georg, Dipl.-Ing. (FH), 7000 Stuttgart, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 23 110 A1
US 50 14 200

⑤4 Verfahren zur Regelung des Abstandes zwischen fahrenden Fahrzeugen

⑤7 Ein Verfahren zur Regelung des Abstandes zwischen
einem Frontfahrzeug und einem Folgefahzeug wird be-
schrieben, das unabhängig von der Art der Abstandserfas-
sung anwendbar ist.

Erfindungsgemäß wird im Verlaufe einer Abstandsregelung
durch Auswertung wenigstens der Eigenfahrgeschwindigkeit
 V_1 und des Lenkwinkels δ des Folgefahrzeugs die Fahrsitua-
tion in i Klassen eingeteilt; in Abhängigkeit von der klassier-
ten Fahrsituation ein Regelgesetz R_i für die Bemessung der
Antriebskraft aus einer Menge von i Gesetzen ausgewählt
und das situationsabhängige Regelgesetz für die Gesamtan-
triebskraft F_a mit dem auf Sollabstand S_s geregelt werden
soll, als Summe der i mit geschwindigkeitsbereichsweise
wenigstens flankenüberlappenden Klassierungsfunktionen k_i
gewichteten Einzelregelgesetze R_i gebildet.

Fortbildungsgemäß wird auch die Witterung und das Fahrer-
verhalten des Fahrzeugführers sensiert, in Abhängigkeit von
der klassierten Fahrsituation, der Witterung und dem Fahrer-
verhalten eine situationsabhängige Reaktionszeit T_s und aus
letzterer und wenigstens der Eigengeschwindigkeit der
Sollabstand zum Frontfahrzeug bestimmt und dieser dem/
den fahrsituationsabhängig jeweils wirksamen Regelgesetz
für die Antriebskraft vorgegeben.

DE 42 09 047 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Abstandes zwischen fahrenden Fahrzeugen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der automatischen Abstandshaltung von Kraftfahrzeugen wird in der Regel ein geschwindigkeitsabhängiger Sollabstand eingehalten, welcher durch eine festgelegte Reaktionszeit des Fahrers bestimmt wird. Beispielhaft beschreibt die US 50 14 200 ein solches System.

Im allgemeinen wird nach einem festgelegten Regelgesetz gefahren, während das Regelverhalten des Fahrers von der gerade vorliegenden Fahrsituation abhängt. Der Abstand S zwischen einem Führungsfahrzeug und dem Folgefahrzeug wird im allgemeinen mittels Ultraschall-, Infrarot- oder mm-Wellen-Radar auf einen Sollabstand S_s geregelt, wobei z. B. auch die Relativgeschwindigkeit beider Fahrzeuge zueinander mittels des Dopplereffekts erfaßt werden kann.

Dabei ist dann

$$S_s = f\{V_1, V_2, a_1, a_2, T_r\}$$

mit

V_1 = Geschwindigkeit des Führungsfahrzeugs,

V_2 = Eigengeschwindigkeit,

a_1 = maximales Verzögerungsvermögen des Führungsfahrzeugs,

a_2 = maximales Verzögerungsvermögen des Folgefahrzeugs,

T_r = momentane Reaktionszeit des Fahrzeugführers.

Bekannt ist ferner

$$S_s = V_2 \cdot T_r$$

zu wählen.

Durch Vergleich wird außerdem der Abstandsfehler

$$dS = S_s - S$$

bestimmt; die Relativgeschwindigkeit berechnet sich aus der Kinematik der beiden Fahrzeuge:

$$V_r = V_1 - V_2.$$

Bei Aufrechterhaltung einer Abstandsregelung wird die Sollrelativgeschwindigkeit idealerweise zu Null; eine negative Relativgeschwindigkeit stellt insoweit ebenfalls eine Regelabweichung dar. Zur Minimierung der Regelabweichung wird durch eine Stelleinrichtung eine beschleunigende oder bremsende Antriebskraft erzeugt, welche im Sinne der Regelung auf das Folgefahrzeug einwirkt. Üblicherweise wird die Antriebskraft in Abhängigkeit von Regelabweichungen und Verstärkungsfaktoren beeinflusst.

In diesem Zusammenhang wird noch auf die DE-OS 41 23 110 verwiesen, die ein anderes System behandelt, bei dem auch noch von der jeweiligen lokalen Fahrumgebung her aktuelle Werte an das Fahrzeug übermittelt werden, so z. B. zur Charakterisierung der Griffigkeit der Straße, von Geschwindigkeitsbegrenzungen etc.

So erzieltes Regelverhalten stoßen beim Fahrzeugführer jedoch auf geringe Akzeptanz, da dieser einerseits gewohnt ist, sein Fahrverhalten an unterschiedliche Randbedingungen wie Witterung, Verkehrslage und persönliches Befinden anzupassen, andererseits ein Regelsystem nicht dauernd mit eigenen Wertvorgaben be-

aufschlagen möchte.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Regelung des Abstandes zwischen Fahrzeugen vorzuschlagen, welches einerseits die automatische Abstandshaltung zwischen Fahrzeugen erlaubt, andererseits aber auch zu einer erheblichen Verbesserung der Akzeptanz beim Fahrzeugführer führt.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale im Anspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß wird im Verlaufe einer Abstandsregelung durch Auswertung wenigstens der Eigenfahrgeschwindigkeit V_2 und des Lenkwinkels β des Folgefahrzeugs die Fahrsituation in i Klassen eingeteilt, in Abhängigkeit von der klassierten Fahrsituation ein Regelgesetz R_i für die Bemessung der Antriebskraft aus einer Menge von i Gesetzen ausgewählt und das situationsabhängige Regelgesetz für die Gesamtantriebskraft F_a mit dem auf Sollabstand S_s geregelt werden soll, als Summe der i mit geschwindigkeitsbereichsweise wenigstens flankenüberlappenden Klassierungsfunktionen k_i gewichteten Einzelregelgesetze R_i gebildet. In vorteilhafter Weise wird so eine automatische Adaption des Regelverhaltens an die aktuell vorliegende Fahrsituation und folglich eine erheblich verbesserte Akzeptanz einer entsprechenden Regelung beim Fahrzeugführer erreicht.

Bei der Weiterbildung des Verfahrens gemäß Anspruch 2 wird auch die Witterung und das Fahrverhalten des Fahrzeugführers sensiert, in Abhängigkeit von der klassierten Fahrsituation, der Witterung und dem Fahrerverhalten eine situationsabhängige Reaktionszeit T_s und aus letzterer und wenigstens der Eigengeschwindigkeit ein situationsbereinigter Sollabstand zum Frontfahrzeug errechnet und dieser dem fahrsituationsabhängig jeweils wirksamen Regelgesetz für die Antriebskraft F_a vorgegeben. Es wird hierbei in vorteilhafter Weise also der Aufmerksamkeitsgrad des Fahrzeugführers in die Adaption der Abstandsregelung mit einbezogen und insoweit eine Optimierung der Sicherheit gegen Kollision erreicht.

Weitere Vorteile werden erfindungsgemäß erschlossen durch geschwindigkeits- und/oder witterungsabhängige Beeinflussung der berechneten Reaktionszeit T_s gemäß Ansprüchen 3 und 4 sowie gemäß Anspruch 5 durch Messung der Querschleunigung bei Kurvenfahrt und Begrenzung der Antriebskraft so, daß eine eingestellte Querschleunigung nicht überschritten wird.

In der Figurenzeichnung ist ein beispielhaftes System zur Durchführung des Verfahrens veranschaulicht und kurzgefaßt der nachfolgenden Beschreibung des Verfahrens vorangestellt. Es zeigt

Fig. 1 ein schematisches Blockfunktionsdiagramm eines zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Abstandsregelungssystems,

Fig. 2 eine beispielhafte und schematische Darstellung sich geschwindigkeitsbereichsweise flankenüberlappenden Klassierungsfunktionen k_i ,

Fig. 3 eine Veranschaulichung zweier im Folgeabstand S fahrender Fahrzeuge,

Fig. 4 ein schematisches Blockfunktionsdiagramm eines herkömmlichen Abstandsregelungssystems.

Gemäß Fig. 3 folgt ein Folgefahrzeug 2 mit der Geschwindigkeit V_2 im Abstand S einem mit der Geschwindigkeit V_1 vorausfahrenden Frontfahrzeug 1. Es ist hier ein Abstand S erreicht, der kleiner als der Sollabstand S_s ist. Unter Annahme der Konstanz von V_1 muß also eine negative Antriebskraft, d. h. eine Bremskraft

auf das Fahrzeug 2 ausgeübt werden, um eine Verkleinerung der Regelabweichung des Abstandsreglers zu erreichen.

Herkömmlicherweise gibt gemäß Fig. 4 eine Geschwindigkeitsmeßeinrichtung die Geschwindigkeit V_2 des Folgefahrzeugs aus. Hieraus wird der Sollabstand S_s berechnet. Letzterer wird einem Vergleicher zugeführt. Aus einer Meßeinrichtung, etwa einer Radar-Einheit, wird auch der (augenblickliche) Abstand S diesem Vergleicher zugeführt. Durch Vergleichen wird die Regelabweichung gebildet. Dem Vergleicher wird von besagter Meßeinrichtung noch die Relativgeschwindigkeit V_r zwischen beiden Fahrzeugen zugeführt. Diese kann im Vergleicher außerdem noch die entstehende Regelabweichung dS in verstärkendem oder abschwächendem Sinne beeinflussen. Im figurlich dargestellten Falle wird die Relativgeschwindigkeit jedoch an den Regler und eine Stelleinrichtung zur Beeinflussung der Antriebskraft weitergegeben und eine entsprechende Beeinflussung z. B. erst im Regler herbeigeführt, dem der Abstandsfehler dS aus dem Vergleicher zugeführt wird. Als Stelleinrichtung kommt die Drosselklappe, Einspritzpumpe, ggfs. mit vorgeschaltetem Kennfeld, oder ein Bremsansteuerventil, z. B. eines elektrischen oder mit Druckmittel wirkenden und mit dem Druckvorrat ausgestatteten Bremssystem, in Frage.

In einem zur Durchführung des Verfahrens geeigneten System gemäß Fig. 1 werden der Lenkwinkel β und die von einer Geschwindigkeitsmeßeinrichtung bezogene Geschwindigkeit V_2 einer Funktion zur Klassierung der Fahrsituation unterworfen. Die resultierende Fahrsituationsklasse wird einerseits einem Funktionsblock zur Berechnung des Sollabstandes und dem Regler mit Stelleinrichtung für die den Abstand beeinflussende Antriebskraft F_a eingegeben. Die Sollabstands Berechnung kann über die Berechnung einer fahrsituationsabhängigen Reaktionszeit T_3 für den Fahrzeugführer erfolgen.

Dem Funktionsblock zur Berechnung des Sollabstandes wird noch wenigstens eine das Fahrerverhalten charakterisierende und eine die Witterung charakterisierende Größe zugeführt. Eine Meßeinrichtung gibt den Abstand S zum Frontfahrzeug und die Relativgeschwindigkeit zwischen beiden Fahrzeugen aus. Sollabstand S_s und Abstand S werden miteinander verglichen, und der resultierende Abstandsfehler dS sowie die Relativgeschwindigkeit V_r werden dem Regler mit Stelleinrichtung zugeführt. Als Stelleinrichtung kommt auch hier die Drosselklappe, Einspritzpumpe, ggfs. mit vorgeschaltetem Kennfeld, bzw. ein Bremsansteuerventil, z. B. eines elektrischen oder mit Druckmittel wirkenden und mit einem Druckvorrat ausgestatteten Brems- oder ASR-System, in Frage. Dem Regler kann des weiteren noch die erfaßte Querbeschleunigung zugeführt werden. Die so entfachte bzw. beeinflusste Antriebskraft wirkt auf das Fahrzeug 2 im den Abstand zum Frontfahrzeug 1 regelnden Sinne.

Fig. 2 zeigt geschwindigkeitsbereichsweise flankenüberlappende Klassierungsfunktionen k_i zur geschwindigkeitsbereichsweisen Gewichtung von individuellen Regelgesetzen R_i für die Antriebskraft F_a , wie sie das Verfahren verwendet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Regelung des Abstandes zwischen fahrenden Kraftfahrzeugen ist nicht an ein spezielles Abstandserfassungssystem gebunden; es kann insof. z. B. mittels eines Licht- oder mm-Wellen-Radars beliebiger Art durchgeführt werden, soweit es zur Abgabe eines Abstands- und Relativgeschwindigkeitssignals geeignet ist.

Das Verfahren umfaßt folgende Schritte:

- Durch Auswertung wenigstens der eigenen Fahrgeschwindigkeit V_2 und des Lenkwinkels β wird die Fahrsituation in wenigstens zwei, allgemein i Klassen eingeteilt.
- Es werden den i Klassen geschwindigkeitsbereichsweise sich wenigstens flankenüberlappende Klassierungsfunktionen k_i zugeordnet.
- In Abhängigkeit von der klassierten Fahrsituation erfolgt die Auswahl eines Regelgesetzes R_i für die Bemessung der Antriebskraft

$$R_i = f(dS, V_r, \text{Verstärkungsfaktoren})$$

mit

dS als Abstandsfehler,

V_r als Relativgeschwindigkeit

aus einer Menge von wenigstens 2, allgemein i Gesetzen, wobei jedes Gesetz jeweils für eine ganz spezifische Fahrsituation bzw. Fahrsituationsklasse gültig ist.

d) Das situationsabhängige Regelgesetz für die Gesamtantriebskraft F_a , mit dem auf Sollabstand S_s geregelt wird, wird als Summe der i mit den entsprechenden Klassierungsfunktionen k_i gewichteten Einzelregelgesetze R_i gebildet wie folgt:

$$F_a = k_1 \cdot R_1 + k_2 \cdot R_2 + k_3 \cdot R_3 + k_4 \cdot R_4 + \dots$$

Eine noch bessere Akzeptanz einer solchen Regelung wird beim Fahrzeugführer erzielt, wenn in die Sollabstandsvorgabe für den Regler auch noch die Witterung und das momentane Fahrerverhalten eingerechnet wird wie folgt:

e) Die Witterung und das Fahrerverhalten werden sensiert.

f) In Abhängigkeit von der klassierten Fahrsituation, der Witterung und dem Fahrerverhalten wird eine situationsabhängige Reaktionszeit T_3 berechnet.

g) Es wird als Führungsgröße ein reaktionsbereinigter Sollabstand S_3 zum Frontfahrzeug, z. B. nach folgender Minimalmaßgabe, berechnet:

$$S_3 = V_2 \cdot T_3$$

h) Auf diesen reaktionszeitbereinigten Sollabstand wird der Abstand S zum Frontfahrzeug geregelt.

Eine weitere Verfeinerung des Verfahrens wird erzielt, indem

i) die Reaktionszeit T_3 bei stadtverkehrstypischer Fahrsituation und/oder bei kleinen Geschwindigkeiten geringer als bei hohen Geschwindigkeiten auf der Autobahn gewählt wird.

Eine weitere Vervollkommnung des Verfahrens wird erreicht, wenn

k) die Reaktionszeit T_3 bei schlechter Witterung und/oder unaufmerksamen Fahrer vergrößert und im gegenteiligen Falle verringert wird.

Eine weitere Verfeinerung des Verfahrens wird dadurch erzielt, daß

l) die Querbeschleunigung gemessen wird und bei Kurvenfahrt die Antriebskraft so begrenzt wird, daß eine eingestellte Grenzquerbeschleunigung nicht überschritten wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Abstandes zwischen fahrenden Kraftfahrzeugen, wobei das Folgefahrzeug mit beliebigen Abstandserfassungsmitteln und einer auf die Fahrgeschwindigkeit wirkenden Abstandsregelung zu einem Frontfahrzeug ausgerüstet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß es wenigstens folgende Schritte umfaßt:

(a) Es wird durch Auswertung wenigstens der Eigenfahrgeschwindigkeit V_2 und des Lenkwinkels β die Fahrsituation in wenigstens zwei, allgemein i Klassen eingeteilt;

(b) es werden den i Klassen geschwindigkeitsbereichsweise sich wenigstens flankenüberlappende Klassierungsfunktionen k_i zugeordnet;

(c) in Abhängigkeit von der klassierten Fahrsituation erfolgt die Auswahl eines Regelgesetzes R_i für die Bemessung der Antriebskraft

$$R_i = f(dS, V_r, \text{Verstärkungsfaktoren})$$

mit

dS = Abstandsfehler,

V_r = Relativgeschwindigkeit

aus einer Menge von wenigstens 2, allgemein i Gesetzen, wobei jedes Gesetz jeweils für eine ganz spezifische Fahrsituation bzw. Fahrsituationsklasse gültig ist;

(d) das situationsabhängige Regelgesetz für die Gesamtantriebskraft F_a , mit dem auf Sollabstand S_s geregelt wird, wird als Summe der i mit den entsprechenden Klassierungsfunktionen k_i gewichteten Einzelregelgesetze R_i gebildet:

$$F_a = k_1 \cdot R_1 + k_2 \cdot R_2 + k_3 \cdot R_3 + k_4 \cdot R_4 + \dots$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende weitere Schritte:

(e) Es wird die Witterung und das Fahrerverhalten sensiert;

(f) in Abhängigkeit von der klassierten Fahrsituation, der Witterung und dem Fahrerverhalten wird eine situationsabhängige Reaktionszeit T_s berechnet;

(g) es wird als Führungsgröße ein reaktionsbereinigter Sollabstand zum Frontfahrzeug wenigstens nach folgender Minimalregel berechnet:

$$S_s = V_2 \cdot T_s;$$

(h) auf diesen reaktionszeitbereinigten Sollabstand wird der Abstand S zum Frontfahrzeug geregelt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgenden weiteren Schritt:

(i) Die Reaktionszeit T_s wird bei stadtkyrstypischer Fahrsituation und/oder bei kleinen Geschwindigkeiten geringer gewählt als bei hohen Geschwindigkeiten auf der Autobahn.

tobahn.

4. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgenden weiteren Schritt:

(k) Die Reaktionszeit T_s wird bei schlechter Witterung und/oder unaufmerksamem Fahrer vergrößert und im gegenteiligen Falle verringert.

5. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgenden weiteren Schritt:

(l) Durch Messung der Querbeschleunigung wird bei Kurvenfahrt die Antriebskraft so begrenzt, daß eine eingestellte Grenzquerbeschleunigung nicht überschritten wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

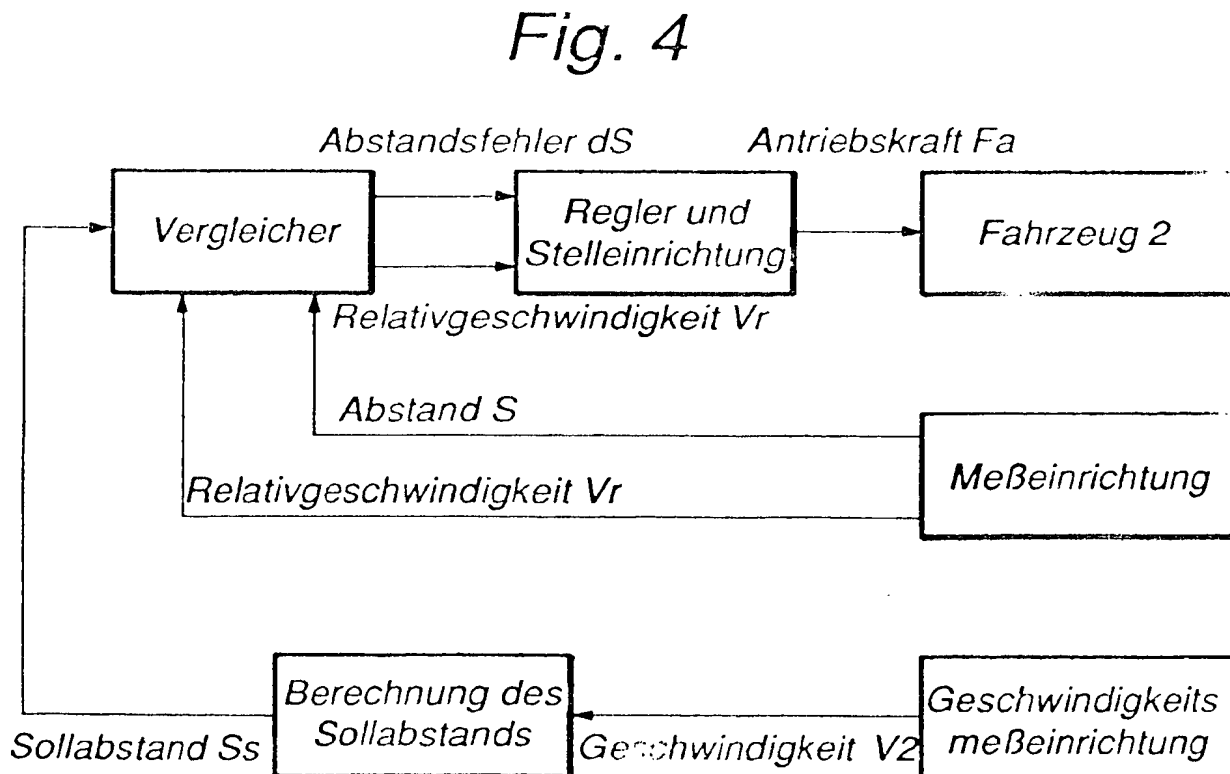
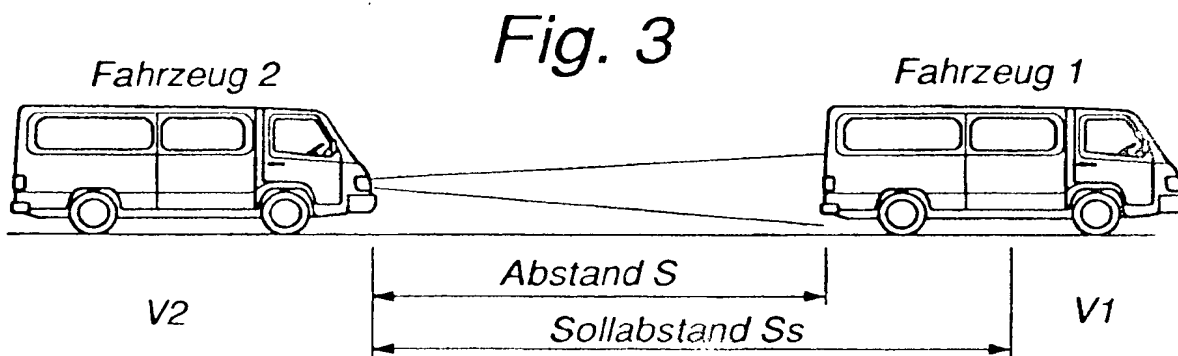
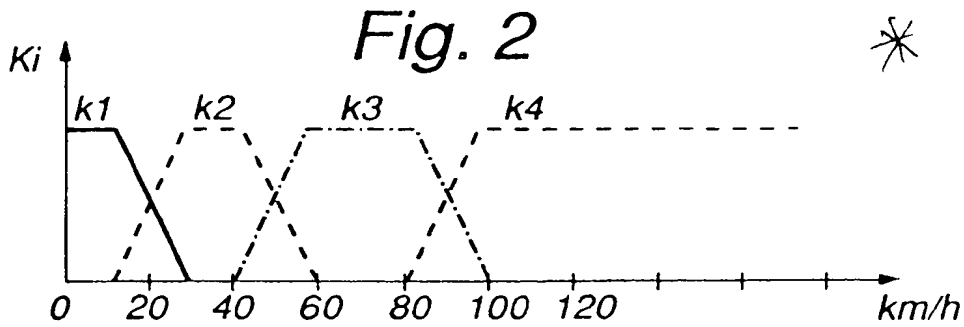
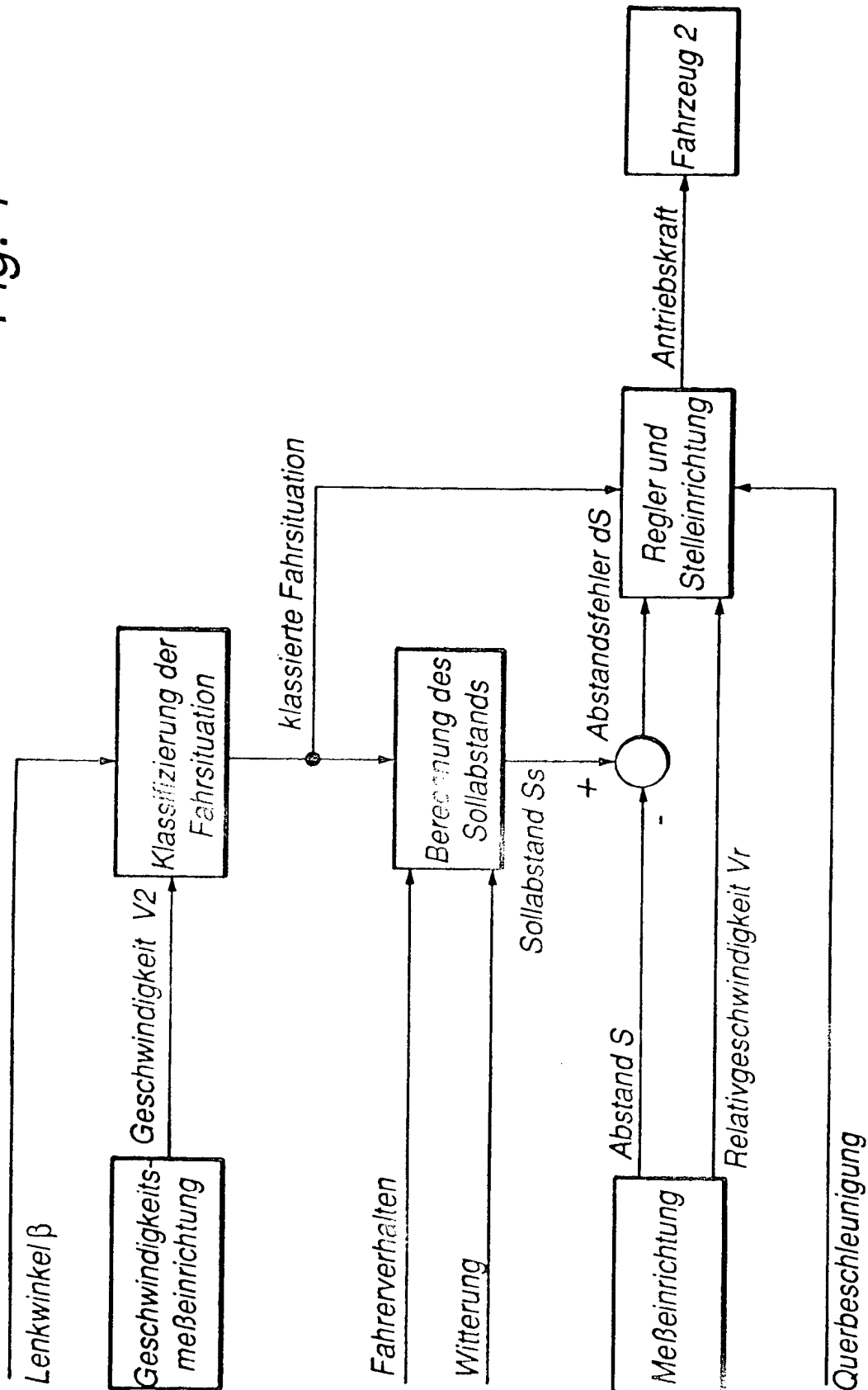


Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY